

Aerosol: Protocollo



Scopo

Misurare lo spessore ottico degli aerosol dell'atmosfera (quanta parte della luce solare è diffusa o assorbita dalle particelle sospese nell'aria)

Visione d'insieme

Gli studenti puntano un fotometro solare GLOBE verso il sole e registrano la lettura di tensione massima che ottengono su un voltmetro digitale collegato al fotometro. Gli studenti osservano le condizioni del cielo vicino al sole ed eseguono i protocolli Nuvole, Pressione barometrica (opzionale), Umidità relativa, infine misurano la Temperatura corrente dell'aria.

Risultati per gli Studenti

Gli studenti capiscono il concetto che l'atmosfera impedisce a tutta la luce del sole di raggiungere la superficie terrestre e imparano che cosa provochi cieli con foschie.

Concetti scientifici

Scienze della Terra e dello Spazio

L'atmosfera è composta da diversi gas e aerosol.

Il sole è la maggior fonte di energia per i cambiamenti dell'atmosfera..

Il moto diurno e stagionale del sole nel cielo può essere osservato e descritto.

Geografia

Le attività umane possono modificare l'ambiente fisico.

Arricchimento dell'atmosfera

Gli aerosol diminuiscono la quantità di energia solare che raggiunge la superficie della terra.

Gli aerosol nell'atmosfera aumentano la foschia, diminuiscono la visibilità e influenzano la qualità dell'aria.

Abilità di Indagine Scientifica

Usare un fotometro solare e un voltmetro per misurare la quantità di luce solare diretta.

Identificare domande con possibile risposta.

Progettare e condurre indagini scientifiche.

Utilizzare opportuni strumenti matematici per analizzare i dati.

Sviluppare descrizioni e previsioni con le prove.

Riconoscere e analizzare spiegazioni alternative.

Comunicare procedure, descrizioni e previsioni.

Livello

Scuole Medie e Superiori.

Tempo

15-30 minuti per raccogliere i dati.

Frequenza

Quotidiana, tempo permettendo.

Materiali e strumenti

Un fotometro solare GLOBE calibrato e allineato.

Un voltmetro digitale

Un orologio, preferibilmente digitale o un ricevitore GPS

Termometro

Igrometro digitale e psicrometro a fionda

GLOBE Cloud Chart

Barometro Opzionale

Aerosol Data Sheet

Preparazione

Far pratica col voltmetro digitale.

Prerequisiti

Cloud, Relative Humidity, and Optional Barometric Pressure (optional) Protocols

Abilità a misurare la temperatura corrente dell'aria

Aerosol: Protocollo – Introduzione

Background

L'atmosfera è composta da molecole di gas e piccole particelle solide e liquide sospese nell'aria, chiamate aerosol. Alcuni aerosol sono prodotti in modo naturale da vulcani, mare, spruzzi, sabbia, o erosione del terreno causata dal vento. Alcuni aerosol sono il risultato dell'attività umana, come polvere da attività agricole, fumo da combustione di biomassa e combustibili fossili e smog fotochimico indotto dovuto principalmente alle emissioni dei veicoli. Anche gocce e cristalli di ghiaccio che si formano quando l'acqua vapore condensa o si congela sono aerosol.

La maggior parte degli aerosol sta nella troposfera, ma grandi eruzioni vulcaniche possono iniettare aerosol e gas in tracce molto più alto nella stratosfera. Gli aerosol nella stratosfera possono rimanere per anni, mentre nella troposfera le precipitazioni e le interazioni con la superficie terrestre rimuovono gli aerosol in dieci giorni o meno.

Gli aerosol sono troppo piccoli per essere visibili singolarmente, ma spesso è possibile vedere il loro effetto combinato quando il cielo è velato o sembra sporco. Cieli arancione brillante all'alba e al tramonto possono anche essere indicatori de fatto che gli aerosol sono presenti.

Gli aerosol influenzano il tempo atmosferico e il clima in quanto influenzano la quantità di luce solare che raggiunge la superficie terrestre. Aerosol vulcanici nella stratosfera hanno cambiato le temperature superficiali dell'aria in tutto il mondo per anni alla volta. La combustione della biomassa determina grandi incrementi nelle concentrazioni locali di aerosol, che possono influenzare meteo regionali. Insieme con altre misurazioni atmosferiche, le misure di aerosol aiutano gli scienziati a capire meglio e a prevedere il clima e a comprenderne la chimica atmosferica.

Le concentrazioni di aerosol variano in modo significativo con la posizione e nel tempo. Ci sono variazioni stagionali e diurne così come i cambiamenti imprevedibili a causa di eventi come tempeste di sabbia e grandi eruzioni vulcaniche.

Gli aerosol sono molto mobili e possono attraversare oceani e catene montuose. E' generalmente accettato che, a causa di alte concentrazioni di aerosol, i cieli in molte parti del mondo sono più velati di quanto non lo fossero uno o due secoli fa, anche nelle zone rurali.

Lo spessore ottico dell'aerosol (AOT, chiamato anche profondità ottica dell'aerosol) è una misura del grado in cui gli aerosol influenzano il passaggio della luce solare attraverso l'atmosfera.

Più grande è lo spessore ottico ad una lunghezza d'onda particolare, minore la quantità di luce di quella lunghezza d'onda che raggiunge la superficie terrestre. Misure di spessore ottico degli aerosol in più di una lunghezza d'onda sono in grado di fornire importanti informazioni su concentrazione, distribuzione delle dimensioni e variabilità degli aerosol in atmosfera. Queste informazioni sono necessarie per gli studi sul clima, per il confronto con i dati satellitari e per comprendere la distribuzione globale e la variabilità degli aerosol.

Indagando gli aerosol

Gli scienziati hanno molte domande riguardo agli aerosol. Come cambiano le concentrazioni di aerosol con le stagioni? Come sono collegate le concentrazioni di aerosol al tempo atmosferico e al clima? In che modo il fumo di incendi boschivi di grandi dimensioni influenza la luce solare che raggiunge la superficie terrestre? Per quanto tempo le emissioni vulcaniche permangono in atmosfera e dove vanno? Qual è l'inquinamento atmosferico causato dagli aerosol? Come grandi impianti industriali e attività agricole influenzano gli aerosol? Come gli aerosol influenzano la vista della superficie terrestre da un satellite? Sono necessarie misure globali per monitorare l'attuale distribuzione degli aerosol e per tenere traccia degli eventi che alterano le concentrazioni degli aerosol. Il loro studio può portare a una migliore comprensione del clima della Terra e di come questa stia cambiando.

Registrando e segnalando le misurazioni di aerosol in modo regolare, è possibile fornire agli scienziati i dati di cui essi hanno bisogno, inoltre si può iniziare a rispondere ad alcune domande sugli aerosol per il proprio sito di raccolta dei dati. Si possono anche osservare pennacchi di aerosol provenienti da migliaia di chilometri di distanza che passano attraverso l'area. Con la costruzione di un record (set) di dati che abbracci diverse stagioni e comprenda i dati di molte posizioni, GLOBE può aiutare gli scienziati a saperne di più sulla distribuzione globale degli aerosol

Supporto all'Insegnante

Comprendere le misurazioni degli aerosol

Le misure degli aerosol sono meglio comprese nel contesto delle altre misure atmosferiche di GLOBE. Ci possono essere relazioni osservabili tra aerosol e temperatura, copertura nuvolosa, umidità relativa e precipitazioni. Certo, gli aerosol variano stagionalmente. Quindi è utile avvicinarsi a questo tema come ad una parte del "grande quadro" dell'atmosfera e delle sue proprietà.

Una introduzione ai concetti di angolo di elevazione solare e di massa relativa dell'aria è fondamentale per capire queste misurazioni. Le attività di apprendimento (*Learning activities Making a Sundial and Calculating Relative Air Mass*) descrivono le attività per misurare questi valori. Studenti di livello avanzato, con un background solido di Matematica possono calcolare il valore dello spessore ottico utilizzando la sezione (GLOBE) *Looking at the data*. Essi possono quindi confrontare i loro calcoli per il valore calcolato dal Data Server GLOBE.

Il Fotometro solare GLOBE

Il fotometro solare GLOBE ha due canali, ognuno dei quali è sensibile ad una particolare lunghezza d'onda della luce - luce verde a circa 505 nanometri (nm) e luce rossa a circa 625 nm. La luce verde è vicino al picco di sensibilità dell'occhio umano, di conseguenza, un cielo visibilmente velato (fosco) può avere un grande spessore ottico di aerosol a questa lunghezza d'onda. La luce rossa è più sensibile ad aerosol maggiori. I dati da un singolo canale permettono il calcolo di AOT in un intervallo di lunghezza d'onda particolare, ma non forniscono informazioni sulla distribuzione delle dimensioni dell'aerosol. La combinazione di dati provenienti da più di un canale fornisce informazioni sulla distribuzione delle dimensioni. Conoscere la distribuzione delle dimensioni aiuta a identificare la fonte degli aerosol. Le misure effettuate con il fotometro solare GLOBE sono in unità di volt. Questi valori devono essere convertiti in spessore ottico di aerosol. Dal momento che i calcoli di conversione richiedono formule matematiche (funzioni logaritmiche ed esponenziali) che sono adatte solo per gli studenti delle scuole superiori, il Data Server GLOBE esegue i calcoli basati sulle letture di tensione presentati dagli studenti e restituisce un valore di spessore ottico che gli studenti possono usare. C'è una sezione *Looking at the Data* (Esaminando i dati) per studenti avanzati, che include l'equazione per la conversione delle misure del fotometro solare in spessore ottico dell'aerosol. Un tipico valore dello

spessore ottico dell'aerosol per la luce visibile in aria chiara è di circa 0,1. Un cielo molto chiaro può avere un AOT di 0,05 o inferiore alla lunghezza d'onda della luce verde. Un cielo molto nebuloso può avere AOT di 0,5 o superiore. Può essere più facile capire il concetto di spessore ottico quando questo viene espresso in termini di percentuale di luce che viene trasmessa attraverso l'atmosfera, secondo questa formula:

$$\text{per cento (\%)} \text{ di trasmissione} = 100 \times e^{-a}$$

dove a è lo spessore ottico ad una particolare lunghezza d'onda. Questo calcolo fornisce la percentuale di luce alla lunghezza d'onda particolare che sarebbe stata trasmessa attraverso l'atmosfera se il sole fosse stato allo zenit. Per uno spessore ottico di 0.10, la trasmissione per cento è di circa 90,5%. Per gli studenti che non hanno ancora ben familiarizzato con le funzioni esponenziali, la Tabella A-AE-1 offre la trasmissione per cento in funzione dello spessore ottico.

Table AT-AE-1

Optical Thickness	Percent Transmission
0.10	90.5%
0.20	81.9%
0.30	74.1%
0.40	67.0%
0.50	60.7%
0.60	54.9%
0.75	47.2%
1.00	36.8%
1.25	28.7%
1.50	22.3%
2.00	13.5%
2.50	8.2%
3.00	5.0%
3.50	3.0%
4.00	1.8%
5.00	0.7%

Dove e quando fare misurazioni col fotometro solare

Il posto più logico per prendere le misure col fotometro solare è lo stesso luogo dove si fa l'osservazione delle nuvole e si attuano gli altri protocolli relativi all'atmosfera. Se si prendono le misure in qualche altro luogo, è necessario definire quest'ultimo come un ulteriore sito di studio Atmosfera.

Idealmente, la misurazione degli aerosol dovrebbe essere fatta al mattino, quando l'angolo di elevazione solare è di almeno 30 gradi. Questo perché, in genere, l'aria del mattino è meno turbolenta dell'aria intorno a mezzogiorno, quando il sole è alto nel cielo, o nel pomeriggio, soprattutto nel calore dell'estate. Meno turbolenta è l'aria, più affidabili sono le misurazioni fatte. Durante l'inverno, a latitudini temperate e più alte, la massa d'aria relativa della vostra posizione può essere sempre maggiore di 2. È ancora possibile effettuare misurazioni, ma dovrebbero essere fatte il più vicino possibile al mezzogiorno solare. Anche se si dovrebbe cercare di prendere le misure in condizioni ottimali, va bene prendere e riportare le misure ogni volta che è conveniente e si ha una visuale libera del sole.

Se si desidera raccogliere dati col fotometro solare per sostenere gli sforzi di validazione al suolo di osservazione della Terra effettuate da veicoli spaziali, potrebbe essere necessario prendere misure in momenti specifici, corrispondenti ai sorvoli del vostro sito di osservazione da parte del veicolo spaziale. Per ulteriori informazioni su questa attività, si prega di contattare il Team Scienza di GLOBE.

Strumento: cura e manutenzione

Il fotometro solare GLOBE è un dispositivo semplice e robusto, senza parti che si possano rompere facilmente. Tuttavia, è necessario prendersi cura di esso in modo da effettuare misurazioni accurate. Ecco alcune cose che si dovrebbero fare (e non fare) per assicurarsi che il fotometro resti affidabile per lunghi periodi di tempo.

1. Non far cadere il fotometro.
2. Proteggere il fotometro solare da sporco e polvere, riponendolo in un sacchetto di plastica sigillato (come ad esempio un sacchetto di panini di plastica) quando non lo si utilizza.
3. Non esporre il fotometro solare a temperature estremamente calde o fredde, lasciandolo al sole o sul calorifero o lasciandolo all'aperto.
4. Mantenere il fotometro solare spento quando non lo si usa.
5. Controllare la tensione della batteria ogni pochi mesi. Consultare la sezione *Checking and Changing Your GLOBE Sun Photometer Battery*. Il fotometro solare utilizza pochissima energia quando si prendono le misure, quindi la batteria dovrebbe durare molti mesi di normale

utilizzo. Se accidentalmente si lascia il fotometro acceso per ore o giorni in cui non lo si utilizza, controllare la batteria prima di prendere ulteriori misure e sostituirla se necessario.

6. Non modificare l'elettronica all'interno del fotometro solare in alcun modo. La calibrazione dello strumento dipende in modo critico dal mantenimento dei componenti originali del circuito.

7. Non allargare il foro (s) dell'involucro, attraverso il quale la luce del sole entra nel fotometro solare. La calibrazione del fotometro solare e l'interpretazione delle sue misure si basano sulle dimensioni di questo foro. Se il foro viene modificato, le misure non saranno più valide.

Con un po' di attenzione, il fotometro solare può funzionare in modo affidabile per molti anni. Anche se il Science Team GLOBE potrebbe chiedere di restituire il fotometro solare per la ricalibrazione, in condizioni normali non è necessaria la ricalibrazione periodica. Se lo strumento sembra non funzionare correttamente, consultare GLOBE prima di fare qualsiasi altra cosa.

Controllo e sostituzione della batteria del fotometro solare GLOBE

Almeno ogni tre mesi, è opportuno controllare la tensione della batteria del fotometro solare e sostituire la batteria se necessario. Se il fotometro solare ha, incorporato, un voltmetro digitale e appare un indicatore di "batteria scarica", o se le tensioni dal vostro strumento appaiono irregolari, sostituire la batteria in una sola volta. (Vedere *Checking and Changing Your GLOBE Sun Photometer Battery Lab Guide for Instructions*.)

La sostituzione della batteria non cambierà la calibrazione dello strumento e le misurazioni effettuate con la vecchia batteria saranno OK fino a quando questa non registrerà una caduta di tensione a valori inferiori a 7,5 V; questo è il momento di cambiarla con una nuova.

Controllare e cambiare la batteria del fotometro solare GLOBE

Guida da campo e da laboratorio

Compito

Controllare la batteria del fotometro e, se necessario, cambiarla.

Cosa ti serve

- Piccolo cacciavite a stella
- Batteria da 9 v, nuova, di ogni standard se la batteria del fotometro è da cambiare. (le batterie ricaricabili non sono raccomandate per questo strumento)
- Un voltmetro

In laboratorio

1. Svita le quattro viti sull'involucro.
Non rimuovere il circuito stampato o disturbare l'elettronica in ogni modo
Non toccare la superficie frontale dei rivelatori LED (i dispositivi rosso e verde sulla fronte del circuito stampato)
2. Con lo strumento acceso, utilizzare un voltmetro per misurare la tensione ai capi dei due connettori sul supporto della batteria.
Si noti che le nuove batterie da 9 volt di solito producono tensioni superiori a 9 V e possono anche produrre tensioni superiori a 10 V.
3. Se la tensione è inferiore a 7,5 V, sostituire la batteria. Qualsiasi standard di batteria da 9 V è OK. Le batterie alcaline sono più costose rispetto ad altri tipi e non sono necessarie. Si noti che i connettori sui terminali + e - sono diversi, così la batteria si inserisce un solo modo. Le batterie ricaricabili non sono raccomandate per questo strumento.
4. Quando si è finito, controllare il funzionamento del fotometro solare permettendo alla luce del sole di illuminare i rivelatori a LED. Non è necessario riposizionare il coperchio, mentre si sta eseguendo il test. Ogni volta che un LED non è ombreggiato, si dovrebbe vedere una tensione sensibilmente più grande della tensione "dark".
5. Quando si è sicuri che il fotometro è in funzione, rimettere il coperchio. Se il fotometro solare ha una guarnizione di schiuma (poliuretana) sul coperchio, assicurarsi che il coperchio sia orientato in modo che questa fascia spinga contro la parte superiore del contenitore del circuito stampato. Rimettere le viti, senza forzare particolarmente.

Se ci si vuole convincere che la sostituzione della batteria non ha cambiato la calibrazione dello strumento, occorre attendere una giornata limpida. Fare alcune misure appena prima di sostituire a batteria e subito dopo. Queste misure dovrebbero essere coerenti fino a quando la tensione della batteria vecchia non è significativamente inferiore a 7,5 V.

La preparazione degli studenti

1. Prima di implementare questo protocollo, sarà utile spendere qualche minuto in aula o in laboratorio per fare pratica d'uso di un voltmetro digitale. Quando il voltmetro è collegato ad un circuito che non produce un segnale di tensione, il display digitale può indicare la presenza di una piccola tensione (forse pochi millivolt). Questo è normale, ma può essere fonte di confusione per gli studenti che si aspettano di vedere una tensione di 0,0 V. (NB: Se il fotometro solare è dotato di un voltmetro, non c'è bisogno di un voltmetro digitale separato per prendere le misure; in ogni caso, se si dispone di un voltmetro digitale separato, lo si può usare utilmente.)

2. Al fine di calcolare lo spessore ottico dell'aerosol dalle misure prese dagli studenti, GLOBE deve conoscere la vera pressione barometrica (la pressione della stazione) nel sito, all'atto della misurazione dello spessore ottico. La fonte preferita per pressioni barometriche locali è una fonte del tempo atmosferico on-line o radio che trasmette per la zona (come il National Weather Service degli Stati Uniti). Si veda il *Protocollo opzionale della pressione barometrica*. L'individuazione di una tale fonte dovrebbe essere parte della preparazione degli studenti per questo protocollo. Se una fonte online non è disponibile, ci sono altre opzioni discusse in *Getting Ready to Take Measurements*, riportato di seguito. Quasi sempre, la pressione barometrica è *riportata* a quella che sarebbe stata al livello del mare. Questo permette ai meteorologi di disegnare mappe meteorologiche su terreni con diverse elevazioni. GLOBE utilizza i dati di elevazione dalla definizione del sito fornita dagli studenti per calcolare la pressione a livello del mare necessaria per calcolare l'AOT.

3. Anche la temperatura corrente e l'umidità relativa dell'aria sono utili informazioni di supporto per questo protocollo. Occorre chiedere agli studenti di far pratica anche con queste misurazioni. Vedere i seguenti documenti: *Digital Multi-Day Max/Min Current Temperature Protocol Field Guide*, stadi 1-5 of the *Maximum, Minimum and Current Temperature Protocol Field Guide*, stadi 1-4 of the *Digital Single-Day Maximum and Minimum Temperature Protocol*

Field Guide or the Current Air Temperature Protocol Field Guide and the Relative Humidity Protocol.

4. La presenza di nuvole sottili e alte (cirri) davanti al sole influenza le letture fotometriche. Ecco perché è importante per gli studenti acquisire una certa esperienza nella identificazione delle nuvole, soprattutto cirri, come descritto nei protocolli delle Nuvole.

5. E' particolarmente importante prendere misure col fotometro solare nel modo prescritto e in condizioni di cielo accettabili. Una *Guida per la Preparazione* in classe è fornita come sussidio per la preparazione degli studenti. Essa descrive nel dettaglio i passaggi necessari per prendere e registrare una misurazione, nonché le motivazioni per ciascuna fase. Essa integra la Guida Docente che elenca semplicemente gli stadi del lavoro senza alcuna spiegazione. Come parte della loro preparazione per questo protocollo, gli studenti dovrebbero studiare la *Classroom Preparation Guide* per assicurarsi che essi comprendono le parti critiche di ogni passaggio.

Domande per ulteriori indagini

Fino a che punto è AOT legato ad altre variabili atmosferiche: temperatura, tipo di nubi e copertura, precipitazioni, umidità relativa, pressione barometrica e concentrazione di ozono?

Come si relaziona AOT alla comparsa di un punto di riferimento lontano o al colore del cielo?

Varia l'AOT con l'elevazione del sito? Se sì, come?

Come varia l'AOT da un ambiente urbano ad un ambiente rurale?

Come varia l'AOT con le stagioni?

Aerosol: Protocollo

Guida per la preparazione della classe

Compito

Registrare il massimo valore di tensione che può essere ottenuto puntando il fotometro verso sole.

Registrare il tempo preciso in cui si effettua la misurazione.

Osservare e registrare le condizioni relative alle nuvole, alla temperatura corrente dell'aria e all'umidità relativa.

Cosa ti serve

- Fotometro GLOBE calibrato e allineato
- Voltmetro digitale (se il fotometro non ne dispone di uno interno)
- Orologio, preferibilmente digitale o un ricevitore GPS
- Aerosols Data Sheet*
- GLOBE Cloud Chart
- Barometro (optional)
- Termometro
- Igrometro o psicrometro a fionda
- Field Guides* per Nuvole, Umidità relativa e un protocollo per la temperatura
- Matita e biro

Prepararsi per prendere le misure

Affinché il Science Team possa interpretare le misurazioni effettuate con il fotometro solare, è necessario fornire longitudine, latitudine e altitudine del sito di osservazione, come richiesto per le altre misurazioni GLOBE, tutte informazioni che si registrano, quando si definisce un sito di Studio Atmosfera. Altri valori e osservazioni devono essere forniti insieme ad ogni misura, come indicato nel modulo di immissione dati. Lo scopo di questa sezione è di dare le informazioni necessarie per completare l'immissione dei dati.

Il tempo

È importante segnalare con precisione il momento (il tempo, ora, minuti, secondi) al quale si prende una misura, perché il team scientifico di Globe ha bisogno di calcolare la posizione del sole nel vostro sito e tale calcolo dipende dal tempo. Lo standard GLOBE per riportare i valori del tempo è l'UT (l'Universal Time), che può essere valutato dall'ora locale basata sul fuso orario e sul periodo dell'anno. Per questo protocollo è assolutamente essenziale convertire correttamente l'ora locale nell'UT; occorre prestare particolare attenzione all'ora locale d'estate perché in molti stati è in vigore l'"ora legale". Ad esempio, è necessario aggiungere 5 ore per convertire Eastern Standard Time di UT, ma solo 4 ore per convertire Eastern Time Daylight di UT.

Il tempo deve essere segnalato almeno con un'approssimazione di 30 secondi. Un orologio digitale o una sveglia è più facile da usare di uno analogico, ma in entrambi i casi è necessario disporre lo strumento su uno standard accettabile. I requisiti di precisione relativi al tempo per questo protocollo sono più rigorosi di quelli richiesti per gli altri protocolli GLOBE. Tuttavia, non è difficile impostare l'orologio per soddisfare questo standard. Si può ottenere il dato on-line al sito www.time.gov; per l'Italia si può utilizzare il sito

http://www.inrim.it/ntp/webclock_it). In molti posti si può avere un tempo automatico locale con una telefonata ad una stazione radio o ad una TV. Il ricevitore GPS segnalerà l'UT. In alcuni luoghi, è possibile acquistare un orologio che si imposta automaticamente rilevando i segnali radio da una fonte ufficiale del tempo sponsorizzata dal governo. (Negli Stati Uniti, per esempio, il cosiddetto segnale dell'"orologio atomico" viene trasmesso da una stazione WWVB.)

Si può essere tentati dall'usare, come standard, l'ora fornita dal proprio computer; questa può non essere una buona idea perché l'ora fornita dal PC non è molto accurata; tale ora va controllata spesso e messa a posto ricorrendo ad uno standard affidabile.

Si noti che alcuni sistemi operativi di computer spostano automaticamente l'orologio del computer avanti e indietro tra l'ora solare e l'ora legale. Si deve essere consapevoli che, quando questo cambiamento si verifica, è necessario convertire manualmente l'orario locale nell'orario UT.

L'orario preferito della giornata per la segnalazione delle misure del fotometro solare, a più latitudini e durante la maggior parte dell'anno, è a metà mattinata. Tuttavia, è accettabile prendere queste misure in qualsiasi momento durante il giorno tra metà mattina e metà pomeriggio. Non importa a che ora si prendono le misure, è importante assicurarsi di riferire il più accuratamente possibile l'orario sotto forma di UT, come osservato in precedenza. La squadra di lavoro è consapevole che può essere più conveniente prendere queste misure nello stesso momento in cui si raccolgono gli altri dati atmosferici. Le misurazioni devono essere effettuate con una massa d'aria relativa di non più di 2, quando possibile. (E' opportuno fare riferimento alle attività di apprendimento che discute la massa relativa dell'aria. Una massa d'aria relativa pari a 2 corrisponde ad un angolo di elevazione solare di 30 gradi.) Durante l'inverno a latitudini temperate o maggiori, la massa d'aria rispetto alla vostra posizione può essere sempre maggiore di 2. È ancora possibile effettuare misurazioni, ma le si assumano il più vicino possibile al mezzogiorno solare.

Se si stanno prendendo misure col fotometro solare nell'ambito delle attività di validazione a terra a sostegno delle osservazioni spaziali della Terra, poi i tempi di misura si dovrebbero basare sui tempi di sorvolo del vostro sito osservativo da parte della navicella spaziale.

Condizioni di cielo

Quando si registrano le misurazioni effettuate col fotometro solare, si dovrebbero registrare anche altre informazioni sul cielo, tra cui la copertura nuvolosa e il tipo di nubi, il colore del cielo, e la vostra valutazione di quanto sia chiaro o velato il cielo.

Il colore del cielo e la chiarezza del cielo sono valutazioni soggettive, ma, con la pratica, si può imparare a essere coerenti con tali osservazioni. Per esempio, si può facilmente imparare a riconoscere un cielo azzurro chiaro e luminoso, associato ad un basso spessore ottico dell'aerosol. Con l'aumento della concentrazione di aerosol, il colore del cielo cambia a un colore blu più chiaro. Può sembrare lattea piuttosto chiara. In alcuni luoghi, soprattutto all'interno e nei pressi delle aree urbane, il cielo può avere una tinta marrone o giallastra a causa dell'inquinamento atmosferico (soprattutto particolato e NO₂).

Quando ci sono ovvie ragioni per alti valori di spessore ottico di aerosol, il team scientifico ha bisogno di conoscerle. Per questo motivo il Team chiede di commentare per quale ragione si ritiene che il cielo sia velato. Per esempio, ciò potrebbe essere dovuto all'inquinamento atmosferico urbano, ad un'eruzione vulcanica o alla polvere alzata da attività agricole.

Le misurazioni fotometriche possono essere interpretate correttamente solo quando il sole non è oscurato da nuvole. Questo non significa che il cielo debba essere tutto libero, ma solo che non ci devono essere nuvole in prossimità del sole. Questo non è necessariamente una decisione semplice da prendere. E' facile stabilire se le nubi a basse e medie altitudini siano vicino al sole, ma i cirri pongono un problema più difficile. Queste nubi sono spesso sottili e potrebbe non essere evidente il fatto che blocchino una notevole quantità di luce solare. Tuttavia, anche nubi molto sottili come i cirri possono influenzare le misurazioni fotometriche solari. Per questo motivo, se si osservano cirri prima o dopo nel corso della giornata rispetto a quando si registrano le misure, si deve segnalare questo fatto all'atto dell'immissione dati nel modulo.

Un'altra situazione difficile si verifica in periodi tipicamente estivi, soprattutto in prossimità di grandi aree urbane. In questo ambiente, il cielo molto velato e il tempo umido e caldo rendono spesso difficile distinguere i margini delle nubi. Tali condizioni possono produrre valori relativamente grandi di spessore ottico di aerosol (qualsiasi valore maggiore di circa 0,3-0,5) che non possono rappresentare lo stato attuale dell'atmosfera. E' importante descrivere queste condizioni ogni volta che si registrano le misurazioni.

Per avere una migliore idea di dove siano i confini delle nuvole, è possibile osservare il cielo attraverso gli occhiali da sole arancione o rossi, o attraverso un foglio di plastica trasparente arancione o rosso. Questi colori filtrano la luce blu e rendono più distinti i contorni delle nuvole.

Non guardare mai direttamente il sole, anche attraverso gli occhiali da sole colorati o pezzi di plastica! Può danneggiare gli occhi.

La nebbia è un altro potenziale problema. Può far sembrare la cosa confusa. Ma la nebbia (una nube stratus a livello del suolo) non è la stessa cosa che una foschia atmosferica da aerosol. Condizioni in cui il sole splende anche attraverso una nebbia leggera non sono adatte per effettuare misurazioni col fotometro solare. In molte località la nebbia si dissipa nella prima metà della mattina, così non influisce sulle misurazioni.

Ogni volta che si tenta di determinare condizioni del cielo prima di eseguire misurazioni col fotometro solare, è necessario proteggere gli occhi dal sole con un libro, un foglio di carta, un edificio o un albero, o qualche altro oggetto. Una buona regola è che se a terra si vedono ombre dappertutto, non si dovrebbe cercare di guardare il sole. Nel dubbio, o se credete che non sia possibile determinare le condizioni del cielo vicino al sole, non prendete la misura!

Temperatura

L'elettronica del fotometro solare GLOBE, e soprattutto i suoi rilevatori a LED, è sensibili alla temperatura. Ciò significa che i risultati cambieranno nelle stesse condizioni di luce solare se il fotometro solare si riscalda o si raffredda. Pertanto, è importante mantenere il fotometro solare ad una temperatura circa uguale a quella ambiente. Per allertare il Gruppo di lavoro su potenziali problemi con la temperatura, ti chiediamo di registrare la temperatura dell'aria insieme con le misure del fotometro solare.

Se si stanno prendendo le misure col fotometro solare e allo stesso tempo si registrano i dati di temperatura della stazione meteo, è possibile utilizzare la temperatura attuale registrata. In caso contrario, è necessario misurare la temperatura dell'aria separatamente. Il modo migliore per ottenere valori di temperatura dell'aria è di seguire i Protocolli di Temperatura Globe che utilizzano un termometro che soddisfa gli standard GLOBE montato in una capannina atmosferica. In alternativa, un valore può essere ottenuto da una fonte in linea o da un termometro che non necessariamente soddisfa gli standard GLOBE. Valori non GLOBE di temperatura devono essere segnalati come metadati sulla scheda e non nel campo di temperatura dell'aria. In termini di prestazioni dello strumento, la temperatura rilevante non è necessariamente la temperatura esterna, ma la temperatura dell'aria all'interno del fotometro solare. I fotometri solari GLOBE includono un sensore che controlla la temperatura dell'aria all'interno dello strumento, in prossimità dei rilevatori LED. Questi strumenti hanno un selettore rotante sulla parte superiore del contenitore, piuttosto che un interruttore a levetta per il canale verde / rosso. Se il fotometro solare include questa funzione, c'è un posto per segnalare la temperatura del contenitore sulla scheda. La temperatura, in gradi Celsius, è 100 volte la tensione visualizzata sul voltmetro quando il canale "T" è selezionato. Ad esempio, una lettura della tensione di 0,225 V corrisponde a una temperatura di 22,5 ° C. Idealmente, questa temperatura dovrebbe essere sotto i 20°C.

Ci sono alcune operazioni da compiere per ridurre al minimo i problemi di sensibilità di temperatura. Tenere il fotometro solare all'interno, a temperatura ambiente, e portarlo fuori solo quando si è pronti per effettuare una misurazione. In inverno, trasportatelo al sito di osservazione tenendolo, per esempio, sotto il cappotto, , per mantenerlo caldo. In un clima molto caldo o molto freddo, si può avvolgere lo strumento in un materiale isolante come un sacchetto di sandwich coibentato, un asciugamano, o pezzi di schiuma di plastica. In estate, è bene mantenerlo al riparo dalla luce diretta del sole, quando non si sta effettuando una misurazione. Si dovrebbe praticare di misurazione e registrazione, in modo che una serie di misure di tensione non debba richiedere più di due o tre minuti.

Umidità relativa

L'umidità relativa è un'utile aggiunta ai metadati del *Protocollo Aerosols* perché alti (o bassi) valori di umidità relativa sono spesso associati con alti (o bassi) valori di spessore ottico dell'aerosol. C'è un protocollo di Umidità Relativa a disposizione per questa misura, che richiede un igrometro digitale o uno psicrometro a fionda, ma può andare bene anche usare un valore online o trasmesso da meno di un'ora dalle misure effettuate col fotometro solare. Valori online devono essere riportati solo come commenti, mentre i valori che si ottengono a seguito del *Protocollo Umidità Relativa di Globe* sono dati validi e possono essere riportati come tali.

Pressione barometrica

A differenza dei precedenti valori descritti in questa sezione, la pressione della stazione del vostro sito di osservazione è *necessaria* al fine di calcolare lo spessore ottico dell'aerosol. A meno che il sito non sia molto vicino al livello del mare, la pressione barometrica riportata dalle previsioni del tempo nel vostro giornale locale e sul Web non è la pressione della stazione. Perché? Perché sul giornale e sul Web, la pressione barometrica vera è stata adeguata a quella che sarebbe a livello del mare. Ciò consente di costruire mappe meteorologiche di pressione che mostrano il movimento delle masse d'aria su grandi aree, indipendentemente dal variare elevazione del terreno. La pressione atmosferica diminuisce, verso l'alto, di circa 1 mbar per ogni 10 metri di altezza. (Vedi figura a-I-1 e il Protocollo opzionale della pressione barometrica.)

Come notato sopra, la fonte preferita di pressione barometrica è un valore online o di trasmissione per la propria area. Una seconda opzione è quella di lasciare vuoto il campo della pressione barometrica. In questo caso, GLOBE riempirà la pressione barometrica utilizzando un valore generato da un modello computerizzato. Se avete calibrato il barometro in aula su base regolare in modo che dia la pressione riportata al livello del mare e avete fiducia in quella calibrazione, è possibile registrare la lettura del vostro barometro. Tuttavia, tipici barometri aneroidi da aula devono essere calibrati regolarmente come descritto nel *Protocollo Opzionale della Pressione Barometrica*. Alle altitudini più elevate, potrebbe non essere possibile calibrare il barometro in aula per dare un valore equivalente a livello del mare.

Sul campo

È molto più facile per due persone effettuare e registrare le misurazioni che per una persona sola. Se si riesce a lavorare come una squadra, occorre dividere i compiti e fare molta pratica, prima di iniziare a registrare le misurazioni reali.

1. Collegare un voltmetro digitale ai jack di uscita del fotometro

Se il fotometro solare ha in dotazione un voltmetro digitale, è possibile saltare questo passaggio. Se avete bisogno di un voltmetro separato, non utilizzate un voltmetro analogico, che non può essere letto con sufficiente precisione per essere adatto per questo compito. Assicuratevi di inserire il cavo rosso nel jack rosso e il cavo nero nella presa nera.

2. Accendere il voltmetro digitale e il fotometro solare.

Se il fotometro solare è dotato di un voltmetro digitale, lo stesso interruttore accende sia il contatore che il fotometro solare e non è necessario preoccuparsi di scegliere una gamma adeguata di tensione.

Se si utilizza un voltmetro esterno, selezionare un adeguato campo di volt DC (corrente diretta). Fare attenzione a non utilizzare un'impostazione volt AC (corrente alternata). Il campo di regolazione appropriata dipende dal voltmetro. Se si hanno 2 V (volt) o 2000 mV (millivolt) di impostazione, provare questo valore per primo. Se il fotometro produce oltre 2 V, utilizzare l'intervallo immediatamente superiore, spesso 20 V. Alcuni voltmetri hanno una capacità di auto-ranging (auto-adattamento), il che significa che vi è una sola impostazione volt DC e il voltmetro seleziona automaticamente una gamma adeguata di tensione. Se si utilizza un voltmetro auto-ranging, ci si assicuri di capire come leggere tensioni in questo intervallo.



Si noti che se un voltmetro digitale è connesso al fotometro solare quando il fotometro è spento, si otterranno letture imprevedibili sul voltmetro, piuttosto che il valore di 0 V che ci si potrebbe aspettare. Questo è un comportamento normale per i voltmetri digitali. Letture di tensione irregolari si verificano anche se la batteria del fotometro solare è troppo bassa per alimentare l'elettronica. Quando il fotometro solare viene acceso e sta funzionando correttamente, il voltmetro dovrebbe produrre una lettura stabile di non più di qualche millivolt all'interno o se il sole non illumina rivelatore, o un valore nella gamma di circa 0,5-2 V quando la luce solare illumina il rivelatore.

3. Se il fotometro solare ha un selettore sulla parte superiore dell'involucro, selezionare l'impostazione "T" e registrare la tensione.
Moltiplicare il valore di lettura della tensione per 100 e registrare questo valore.
4. Selezionare il canale verde del fotometro solare (in quanto la scheda GLOBE chiede il canale verde prima).
5. Tenere lo strumento di fronte, circa all'altezza del petto o, se possibile, sedersi e ancorare lo strumento alle ginocchia, ad una sedia, una ringhiera o qualche altro oggetto fisso. Trovare il punto fatto dal sole, che splende, attraverso la staffa di allineamento anteriore.

Ecco un'importante norma di sicurezza:

In nessun caso si deve tenere il fotometro solare a livello degli occhi e cercare di "traguardare" lungo le staffe di allineamento!

Regolare il puntamento dello strumento fino a quando la macchia di luce solare attraverso la staffa di allineamento anteriore brilla sulla staffa di allineamento posteriore.

6. Regolare il puntamento dello strumento fino a che il punto luce del sole è centrato sul punto appropriato colorato sulla staffa di allineamento posteriore. Registrare questo valore sul foglio dati.

Il fotometro solare può disporre di uno o due fori circolari sulla parte anteriore dell'involucro. Se ha un foro solo, la staffa di allineamento posteriore avrà due punti di allineamento colorati - uno verde e uno rosso. Lo spot di luce del sole deve essere centrato sul punto verde quando si sta prendendo le misure del canale verde e sul punto rosso se si stanno facendo misurazioni nel canale rosso. Se il fotometro solare ha due fori, la staffa di allineamento posteriore avrà un punto di allineamento blu. Lo spot di luce del sole deve essere centrato su questo punto, indipendentemente dal fatto che si stiano prendendo le misure nei canali verde o rosso.

Quando si regola il puntamento del fotometro in modo che il punto luce del sole è centrato intorno al punto di allineamento, la luce del sole, che splende attraverso il foro di apertura (s) sul frontale dell'involucro, è centrata sul rilevatore LED (s) all'interno della custodia. Ci vuole un po' di pratica per imparare a centrare il punto luce sul punto di allineamento. Assicuratevi che il puntamento sia stabile prima registrare il valore di tensione. Può essere utile stabilizzare lo strumento su una sedia o un altro oggetto fermo. L'intero processo di misura non deve durare più di 15 o 20 secondi per ogni lettura di canale. Assicuratevi di registrare tutte le cifre visualizzate sul voltmetro.

A meno che il cielo non sia molto fosco o che non si stiano prendendo le misure nel tardo pomeriggio o la mattina presto, la tensione dovrebbe aumentare a più di 0,5 V. Se si utilizza un auto-ranging, la gamma cambierà automaticamente quando si punterà il fotometro direttamente verso il sole (da una gamma appropriata per la visualizzazione della tensione di buio ad una gamma appropriata per la visualizzazione della tensione di luce solare).

Piccoli spostamenti del fotometro solare causano variazioni di tensione di pochi millivolt. Anche quando il fotometro solare è completamente immobile e correttamente allineato con il sole, la tensione continua a variare un po'. Ciò è dovuto alle fluttuazioni della stessa atmosfera. Più l'atmosfera è fosca, maggiori sono queste fluttuazioni. Non cercare di mediare le letture del voltmetro. È importante registrare solo la tensione massima che si ottiene durante i pochi secondi del tempo di misura, solo a partire da quando il puntamento dello strumento è stato stabilizzato. C'è un leggero ritardo tra il momento in cui la tensione di uscita dallo strumento cambia e il momento in cui il cambiamento si riflette nella lettura digitale. Con un po' di pratica, si può imparare a compensare questo ritardo.

7. Registrare l'ora alla quale si osserva la massima tensione nel modo più accurato e preciso possibile. E' richiesta una precisione di 15-30 secondi.

8. Mentre si sta puntando il fotometro solare contro sole, coprire l'apertura con un dito per bloccare tutta la luce e impedirle di entrare nell'involucro. Leggete il valore di tensione e registrate questo valore di tensione corrispondente al buio sulla scheda.

Si noti che la tensione al buio deve essere riportata come volt anziché come millivolt, indipendentemente dal campo di regolazione del voltmetro digitale. È fondamentale segnalare sia la tensione alla luce solare che quella al buio in unità di volt. È importante registrare accuratamente la tensione al buio, riportando tutte le cifre visualizzate sul voltmetro. La tensione al buio dovrebbe essere inferiore a 0.020 V (20 mV). A seconda delle caratteristiche dello strumento e del campo di regolazione del voltmetro, la tensione al buio può visualizzarsi come 0 V. Se è così, bisogna segnalare 0,000 V per la tensione al buio.

9. Selezionare l'altro canale (quello rosso, a patto che si sia iniziato con il canale verde) e ripetere i passaggi 6-8.

Dopo aver acquisito esperienza con il fotometro solare, sarà necessario ripetere il passaggio 8 dopo ogni misurazione della tensione provocata dalla luce del sole. Infatti, la tensione al buio non dovrebbe cambiare durante una serie di misurazioni. Se questo valore cambia di più di un millivolt o giù di lì, significa che lo strumento sta diventando troppo caldo o freddo durante la misurazione ed è necessario sviluppare una strategia di misura che impedisce che ciò accada.

10. Ripetere i passaggi 4-9 almeno due volte e non più di quattro volte.

Questo vi darà da tre a cinque coppie di misure verde / rosso in tutto. E' una buona idea essere coerenti con l'ordine con il quale si registrano le misurazioni: si dovrebbe registrare verde, rosso, verde, rosso, verde, rosso, verde, rosso, verde, rosso.

Il tempo tra le misurazioni non è critico fino a quando viene registrato con precisione. Tuttavia, come osservato in precedenza, si dovrebbe cercare di *minimizzare il tempo totale necessario per raccogliere una serie di misurazioni*. Ricordate che le vostre misure non saranno accurate se il fotometro solare sarà molto più freddo o molto più caldo rispetto alla temperatura ambiente.

11. Se il fotometro solare ha un selettore sulla parte superiore del contenitore, selezionare l'impostazione "T" e registrare la tensione. Moltiplicare i dati di lettura della tensione per 100 e registrate i valori ottenuti.

12. Spegnerne sia il fotometro solare, che il voltmetro (se lo strumento non ha un voltmetro digitale incorporato).

È possibile scollegare un voltmetro separato o lasciarlo collegato alla presa jack di uscita, a seconda che la classe utilizzi o meno il voltmetro per altri scopi.

13. Prendere nota di eventuali nuvole in prossimità del sole nella sezione *Commenti del Foglio Dati Aerosols*. Assicurarsi di annotare il tipo di nuvole, utilizzando la tabella *Cloud GLOBE*.

14. Eseguire il *Protocollo Cloud* e registrare le osservazioni sul *Foglio Aerosols dati*.

15. Eseguire il *Protocollo Umidità Relativa* e registrare osservazioni sul *Foglio Aerosols dati*.

16. Leggere e registrare la temperatura attuale con l'approssimazione di 0,5 ° C, seguendo uno dei protocolli di temperatura dell'aria.

Ci sono quattro *Guide da Campo* tra le quali scegliere, elencate nella *Guida per la Preparazione degli Studenti*. Fare attenzione a non toccare il termometro o a respirarci sopra.

17. Completare il resto della *Scheda Dati Aerosol*. Ciò può essere fatto quando si rientra in classe.

Aerosol: Protocollo

Guida da campo

Compito

Registrare il massimo valore di tensione che può essere ottenuto puntando il fotometro verso sole.

Registrare il tempo preciso in cui si effettua la misurazione.

Osservare e registrare le condizioni relative alle nuvole, alla temperatura corrente dell'aria e all'umidità relativa.

Cosa ti serve

- Fotometro GLOBE calibrato e allineato
- Voltmetro digitale (se il fotometro non ne dispone di uno interno)
- Orologio, preferibilmente digitale o un ricevitore GPS
- Aerosols Data Sheet*
- Field Guides* per Nuvole, Umidità relativa e un protocollo per la temperatura
- GLOBE Cloud Chart
- Matita e biro
- Barometro (optional)
- Termometro

Sul campo

1. Collegare un voltmetro digitale ai jack di uscita del fotometro solare (ignorare questo passaggio se il fotometro solare ha un voltmetro digitale incorporato.)
2. Accendere il voltmetro digitale e il fotometro solare.
3. Se il fotometro solare ha un selettore a rotazione sulla parte superiore dell'involucro, selezionare l'impostazione "T" e registrare il valore ottenuto moltiplicando questa tensione per 100.
4. Selezionare il canale verde.
5. Col sole in fronte, puntare il fotometro solare sul sole. (Non guardare direttamente il sole!)
6. Regolare il puntamento fino a vedere la tensione massima sul voltmetro digitale. Registrare questo valore sul foglio dati.
7. Registrare il tempo in cui si osserva la tensione massima con la massima precisione possibile, con l'approssimazione di 15 secondi.
8. Mentre ancora si sta puntando il fotometro solare sul sole, coprire l'apertura con un dito per bloccare l'ingresso della luce nello strumento. Leggere e registrare sulla scheda la "tensione al buio".
9. Selezionare il canale rosso (ammesso che abbiate iniziato con il canale verde) e ripetere i passaggi 6-8.
10. Ripetere i passaggi 3-9 almeno due volte e non più di quattro volte.
11. Se il fotometro solare ha un selettore sulla parte superiore dell'involucro, selezionare l'impostazione "T" e registrare il valore letto moltiplicato per 100.
12. Spegnere sia il fotometro solare che il voltmetro.
13. Prendere nota di eventuali nuvole in prossimità del sole nella (metadati) sezione Commenti. Accertarsi di annotare i tipi di nuvole, utilizzando la *GLOBE Cloud Chart*.
14. Attuare i *Protocolli Clouds* e registrare le osservazioni sulla *Scheda Dati Aerosols*.
15. Attuare i *Protocolli Umidità Relativa* e registrare le osservazioni sulla *Scheda Dati Aerosols*.
16. Leggere e registrare la temperatura attuale con l'approssimazione di 0,5 ° C, seguendo uno dei protocolli di temperatura dell'aria.
17. Completare il resto della *Scheda Dati Aerosol*.

Domande frequenti

1. Cos'è un fotometro solare e cosa indica?

Un fotometro solare è un tipo di esposimetro che misura la quantità di luce solare. La maggior parte dei fotometri solari misura la quantità di luce solare per una ristretta gamma di colori o di lunghezze d'onda. Tutti i fotometri solari dovrebbero misurare soltanto la luce del sole che arriva direttamente dal sole e non la luce del sole diffusa da molecole d'aria e aerosol. Pertanto, un fotometro solare è puntato direttamente verso il sole e la luce viene raccolta attraverso una piccola apertura (foro o apertura) che limita notevolmente la quantità di luce solare diffusa che raggiunge il rivelatore dello strumento (s).

2. Il fotometro solare GLOBE utilizza un diodo emettitore di luce (LED) come un rivelatore solare. Che cos'è un LED?

Un diodo ad emissione luminosa è un dispositivo semiconduttore che emette luce quando una corrente elettrica fluisce attraverso di esso. Il dispositivo reale è un piccolo chip del diametro di una frazione di millimetro. Nel fotometro solare GLOBE, questo chip è ospitato in un alloggiamento a resina epossidica di circa 5 mm di diametro. È possibile trovare questi dispositivi in una vasta gamma di strumenti elettronici e prodotti di consumo. Il processo fisico che causa l'emissione di luce da parte di un LED funziona anche al contrario: se vi è luce su un LED, quest'ultimo produce una corrente molto piccola. L'elettronica del fotometro a raggi solari amplifica questa corrente e la converte in una tensione.

Generalmente, la lunghezza d'onda della luce rilevata da un LED è più corta della lunghezza d'onda della luce emessa dallo stesso LED. Ad esempio, alcuni LED rossi sono relativamente buoni rivelatori di luce arancione. Il LED nel fotometro solare GLOBE emette luce verde con un valore di picco a circa 565 nm. Esso rileva la luce con un picco a circa 525 nm, che è spostata un po' più verso la parte blu dello spettro luminoso.

3. Qual è il campo di visuale di un fotometro sole, e perché è importante?

L'equazione che descrive teoricamente come interpretare le misure di un fotometro solare richiede che lo strumento veda solo la luce diretta dal sole - che è la luce che segue un percorso in linea retta dal sole al rivelatore di luce. Nella pratica, questo requisito può essere soddisfatto solo approssimativamente, perché tutti i fotometri solari vedono po' di luce diffusa dal cielo attorno al sole.

Il cono di luce che il rivelatore di un fotometro solare vede, viene chiamato il suo campo visivo; è

desiderabile avere questo cono il più stretto possibile. Il campo di visuale del fotometro solare GLOBE è di circa 2,5 gradi, che gli scienziati GLOBE hanno concluso essere un compromesso ragionevole tra le considerazioni teoriche ideali e quelle pratiche che orientano la costruzione di uno strumento portatile. Il trade-off di base è che più piccolo è il campo di visuale e più difficile risulta il puntamento preciso del sole con lo strumento. Fotometri solari molto costosi, con motori e elettronica per allineare il rivelatore con il sole, in genere hanno campi di visuale di 1 grado o meno. Studi hanno dimostrato che l'errore introdotto da campi di visuale molto più grandi è trascurabile per le condizioni in cui un fotometro GLOBE dovrebbe essere utilizzato.

4. Quanto è importante preservare il fotometro solare dal diventare caldo o freddo, mentre si sta prendendo le misure?

Il rivelatore LED nel fotometro solare è sensibile alla temperatura, quindi la sua uscita è leggermente influenzata dalla sua temperatura. Pertanto, è molto importante proteggere lo strumento dal troppo caldo in estate o dal troppo freddo in inverno. In estate, è essenziale mantenere la custodia dello strumento al riparo dalla luce diretta del sole, quando non si sta facendo misurazioni. In inverno è essenziale mantenere lo strumento caldo - lo si può infilare sotto il cappotto tra una misurazione e l'altra. Non lasciare mai il fotometro solare fuori per lunghi periodi di tempo. L'involucro stesso del fotometro solare fornisce una certa protezione da sbalzi di temperatura, che possono influenzare l'elettronica interna. (Questo è il motivo per il quale i più recenti fotometri solari GLOBE hanno incorporato un sensore di temperatura: proprio per monitorare la temperatura dell'aria all'interno dell'involucro, in prossimità dei rivelatori.) Se si seguono queste precauzioni e si prendono le misure nel più breve tempo possibile, le misure saranno accettabili.

In condizioni estreme (inverno o estate), si dovrebbe considerare la possibilità di un involucro isolante per il fotometro. È possibile utilizzare polistirolo o altro materiale plastico espanso. Naturalmente bisogna praticare dei fori per l'interruttore on / off e per l'apertura per la luce (s) e un canale perchè la luce solare vada dalla staffa di allineamento anteriore alla destinazione sulla staffa posteriore. Il foro di apertura per la luce solare non dovrebbe essere inferiore in diametro rispetto allo spessore del materiale isolante stesso e in nessun caso dovrebbe essere inferiore a circa 1 cm.

5. Ho lasciato cadere il fotometro. Cosa devo fare adesso?

Fortunatamente, i componenti all'interno del fotometro solare sono praticamente indistruttibili, per cui dovrebbero sopravvivere ad una caduta. Controllare l'involucro per verificare la presenza di crepe. Anche se l'involucro è rotto, lo strumento dovrebbe essere ancora OK. Basta mettere nastro adesivo sulle crepe - usare qualcosa di opaco, come il nastro adesivo. Aprire l'involucro e accertarsi che tutto sia OK. In particolare, assicurarsi che la batteria sia ancora saldamente attaccata ai terminali del supporto della batteria. Se le staffe di allineamento sono state spostate o sono allentate a causa della caduta, il fotometro solare dovrebbe essere restituito al Team Scientifico di GLOBE per il riallineamento e la ricalibrazione.

6. Come faccio a sapere se il fotometro solare sta funzionando correttamente?

Quando si accende il fotometro solare senza puntarlo verso il sole, si dovrebbe misurare una tensione nel range di non più di 20 mV. In alcuni strumenti, tensioni "al buio" sono meno di 1 mV. Quando si punta lo strumento direttamente verso il sole, la tensione dovrebbe aumentare ad un valore nella gamma di circa 0,5-2,0 V. Solo in condizioni di grande foschia, nel tardo pomeriggio o la mattina presto, si dovrebbe vedere la luce del sole ad una tensione inferiore a 0,5 V. Se non si vedono le tensioni attese, allora il fotometro solare non funziona.

La ragione più probabile per un fotometro solare che non funziona è che la batteria sia troppo debole per alimentare l'elettronica. Se si ritiene che questo sia il caso, si verifichi la tensione della batteria e, nel caso sia troppo bassa, si sostituisca la batteria seguendo le istruzioni riportate in *Checking Your GLOBE Sun Photometer Batter.* Ricordate che una batteria esaurita o molto bassa, non produrrà una tensione di 0 V al sole, bensì valori erratici (che cambiano continuamente). Se credete ancora di avere un problema, contattate GLOBE per ricevere aiuto.

7. Che cosa significa calibrare un fotometro solare?

Un fotometro solare è considerato calibrato se la sua costante extraterrestre è nota. Questa è la tensione si misura con il fotometro solare se non ci fosse l'atmosfera tra l'operatore e il sole. Come esercizio, si potrebbe pensare di puntare il fotometro solare verso il sole dal vano di carico aperto dello Space Shuttle, che orbita attorno alla Terra al di sopra dell'atmosfera. La tensione di misura sarebbe la costante extraterrestre dello strumento. Questo valore dipende principalmente dalla lunghezza d'onda con cui il fotometro rileva la luce e anche dalla distanza tra la Terra e il sole. (Questa distanza varia leggermente a causa del percorso leggermente ellittico, anziché circolare, che la terra segue ruotando attorno al sole.)

Si noti che se davvero si potesse usare un fotometro solare fuori dell'atmosfera terrestre, non ci si dovrebbe preoccupare di limitare il campo visivo. Perché? Poiché al di fuori dell'atmosfera non ci sono molecole d'aria o spray che disperdano la luce solare. Quindi, il fotometro solare vedrebbe solo la luce solare diretta. In pratica, i fotometri solari devono essere calibrati, inferendo la costante extraterrestre da misurazioni effettuate sulla superficie terrestre. Questo è chiamato il metodo "Langley plot". Queste misure sono difficili da prendere nei siti a bassa quota con tempo variabile. I fotometri solari GLOBE sono calibrati rispetto agli strumenti di riferimento che sono stati calibrati sulla base delle misure adottate al Mauna Loa Observatory, che è ampiamente accettata come una delle migliori posizioni per tale lavoro.

Può essere un progetto interessante fare la calibrazione del proprio fotometro secondo il metodo Langley plot e confrontare i risultati con la calibrazione assegnata al fotometro dal Team Scientifico di Globe. Se si desidera farlo si può contattare GLOBE per un aiuto addizionale.

8. Posso fare da me il fotometro solare?

È possibile acquistare un kit per il montaggio di un fotometro solare. La costruzione di un fotometro consiste nel saldare alcuni componenti elettronici, che è una competenza che gli studenti hanno bisogno di imparare sotto la supervisione di qualcuno che lo ha fatto prima. È possibile iniziare a prendere le misure non appena si è assemblato lo strumento. Tuttavia, ad un certo punto, è necessario spedire il fotometro solare al Team Scientifico di GLOBE per la calibrazione prima che i dati possano essere accettati nell'archivio dati GLOBE.

9. Quante volte devo prendere le misure col fotometro solare?

Il protocollo chiede che si prendano le misure ogni giorno, tempo permettendo. In alcune parti del mondo è possibile che passino molti giorni senza avere le condizioni meteorologiche adatte a prendere queste misurazioni. È altamente auspicabile avere un piano per effettuare le misurazioni nei weekend e durante le pause delle vacanze (soprattutto durante le vacanze estive, che sono lunghe).

10. Come faccio a sapere se il cielo è abbastanza chiaro per prendere le misure fotometro solare?

La regola di base è che i raggi del sole non devono essere bloccati dalle nuvole durante una misurazione. Le nuvole vicino al sole non sono un problema, purché non lo schermino. Dal momento che non si deve guardare direttamente il sole, la decisione può essere difficile. Si può guardare il cielo vicino al sole schermato il sole con un libro o notebook. Un'idea ancora migliore per schermare il sole è di utilizzare l'angolo di un edificio. È molto utile indossare occhiali da sole quando si prendono queste decisioni, per proteggere gli occhi dalle radiazioni UV, che sono molto dannose. Occhiali da sole con lenti arancione sono molto utili per vedere le nuvole deboli, che altrimenti sarebbero invisibili. Se si hanno dubbi su una misura, occorre segnalare tale dubbio nella sezione Commenti della Scheda Dati Aerosol quando si riporta la misura. I cirri sottili sono notoriamente difficili da individuare, ma possono influenzare notevolmente le misurazioni del fotometro solare. Se si vedono cirri nelle ore prima o dopo una misura, si deve includere questa osservazione nella descrizione del cielo.

11. Cosa sono gli aerosol?

Gli aerosol sono particelle solide o liquide sospese nell'aria. Essi variano in dimensioni da una frazione di un micrometro a poche centinaia di micrometri. Essi comprendono fumo, batteri, sali, polline, polvere, diversi agenti inquinanti, ghiaccio e goccioline d'acqua. Queste particelle

interagiscono con/ e disperdono/ la luce del sole. Il grado in cui essi influenzano la luce solare dipende dalla lunghezza d'onda della luce e dalla dimensione degli aerosol. Questo tipo di interazione luce-particelle si chiama scattering di Mie, dal nome del fisico tedesco Gustav Mie, che ha pubblicato la prima dettagliata descrizione matematica di questo fenomeno nella prima parte del ventesimo secolo.

12. Cos'è lo spessore ottico?

Lo spessore ottico (o profondità ottica) descrive la quantità di luce che passa attraverso un materiale. La quantità di luce trasmessa può essere molto piccola (meno di una frazione dell'1%) o molto grande (circa 100%). Maggiore è lo spessore ottico, meno luce passa attraverso il materiale. Applicato all'atmosfera, lo spessore ottico di un aerosol (AOT) descrive la misura in cui l'aerosol impedisce la trasmissione diretta di luce di una certa lunghezza d'onda attraverso l'atmosfera. In un cielo molto chiaro, l'AOT può avere valori di 0,05 (circa il 95% di trasmissione) o meno. Cieli molto foschi o fumosi possono avere valori di AOT superiori a 1.0 (circa il 39% di trasmissione).

La percentuale di trasmissione attraverso l'atmosfera è un modo alternativo per descrivere lo stesso fenomeno. Esiste una semplice relazione tra AOT e trasmissione espressa in percentuale:

$$\text{trasmissione (\%)} = 100 \times e^{-\text{AOT}}$$

Fare riferimento alla Tabella AT-AH-1 per vedere la trasmissione per cento per i diversi valori di AOT. Una calcolatrice scientifica dovrebbe avere una chiave di funzione e^x . È opportuno provare a riprodurre uno o più degli esempi presenti in questa tabella per verificare se si è capito come usare una calcolatrice per convertire AOT nella trasmissione per cento.

13. Cos'è la legge Beer?

August Beer è stato un fisico tedesco attivo nel diciannovesimo secolo negli studi sull'ottica. Ha sviluppato il principio noto come la Legge di Beer,

che spiega come l'intensità di un fascio di luce venga ridotta quando passa attraverso mezzi diversi. Anche altri fisici del XIX secolo hanno esaminato questa legge e la hanno applicata alla trasmissione della luce solare attraverso l'atmosfera. Quindi, l'equazione utilizzata per descrivere come il fotometro solare lavori è solitamente indicata come Legge di Beer / Lambert / Bouguer. Applicata ad un fotometro solare, la legge di Beer è

$$V_0 = V (r / r_0)^2 \exp \{-m [AOT + \text{Rayleigh} (p / p_0)]\}$$

Dove r / r_0 è la distanza Terra-Sole in unità astronomiche, m è la massa d'aria relativa, AOT è lo spessore ottico di aerosol, Rayleigh è lo spessore ottico a causa dello scattering (dispersione) Rayleigh, e p / p_0 è il rapporto tra pressione atmosferica corrente e la pressione atmosferica standard (1013,25 mbar). Dovete saper usare in modo disinvolto le funzioni esponenziali e logaritmiche prima di utilizzare questa formula per fare i calcoli relativi allo spessore ottico dell'aerosol. Inoltre, è necessario conoscere le costanti di calibrazione del fotometro solare - un valore di V_0 per ciascuno dei due canali - e i coefficienti di Rayleigh corrispondenti a ciascuna lunghezza d'onda. Se volete fare questo calcolo da soli, sarà necessario ottenere le costanti di calibrazione e coefficienti di Rayleigh da GLOBE.

14. Cos'è la massa d'aria relativa (m)?

La massa d'aria relativa (m) è una misura della quantità di atmosfera attraverso la quale un fascio di luce solare viaggia. In qualsiasi posizione o quota, la massa d'aria relativa è 1 quando il Sole è allo zenit al mezzogiorno solare. (Nota: a qualsiasi latitudine maggiore di circa 23,5 gradi, a nord o a sud, il sole non è mai direttamente sulla perpendicolare dell'osservatore; di conseguenza il sole non può essere osservato attraverso una massa d'aria relativa pari ad 1.

Una formula semplificata per la massa relativa dell'aria è

$$m = \frac{1}{\text{sen}(\text{elevazione})}$$

dove l'"elevazione" è l'angolo del sole sopra l'orizzonte. Questo calcolo è sufficientemente accurato per masse d'aria relativa fino a circa 2. Valori più grandi richiedono una formula più complessa, che corregga la curvatura della superficie terrestre.

15. Che cosa è lo scattering di Rayleigh?

Le molecole dell'aria disperdono la luce solare. Le molecole dell'aria disperdono le lunghezze d'onda ultravioletta e blu molto in modo più efficiente

rispetto a quanto non facciano con lunghezze d'onda rosse e infrarosse. (Per questa ragione il cielo è blu). Questo processo è stato descritto per primo nel XIX secolo dal fisico britannico John William Strutt, il terzo barone di Rayleigh, vincitore del premio Nobel.

16. Quanto sono accurate le misure di aerosol effettuate con il fotometro GLOBE?

L'accuratezza delle misurazioni del fotometro solare è stata studiata per decenni dagli scienziati atmosferici, ciononostante rimane ancora un argomento di discussione. Ci sono alcune limitazioni inerenti la misurazione degli aerosol atmosferici dalla superficie terrestre e ci sono anche alcune limitazioni imposte dalla progettazione del fotometro solare GLOBE. Misurazioni effettuate con cura secondo i protocolli dovrebbero avere una precisione di meno di circa 0,02 unità AOT. Per cieli molto chiari, con valori di AOT forse inferiore a 0,05, questo è un errore percentuale significativo. Tuttavia, anche fotometri solari "professionali" operativi pretendono precisioni di non più di 0,01 unità AOT. Pertanto, la precisione di misure effettuate accuratamente con un fotometro solare GLOBE è paragonabile a quella di misure effettuate con altri fotometri solari.

A differenza di altre misurazioni GLOBE, non esiste uno standard facilmente accessibile rispetto al quale verificare l'esattezza dei calcoli AOT. Nel prossimo futuro le misure di aerosol GLOBE saranno sottoposte al controllo del Team Scientifico GLOBE e di altri ricercatori specializzati. Tuttavia, è giusto dire che le misure GLOBE degli aerosol possono raggiungere un livello di precisione che può essere estremamente utile per la comunità scientifica atmosferica.

17. Davvero gli scienziati sono interessati alle misure di aerosol ottenute nel progetto GLOBE?

La risposta a questa domanda è un "sì", qualificato, ma non molto. In tutto il mondo sono relativamente pochi i fotometri solari in uso. Dal momento che studi recenti hanno dimostrato che gli aerosol sono in grado di bloccare la luce del sole in modo notevole, causando così un effetto di raffreddamento sul clima della Terra, c'è un rinnovato interesse per le misurazioni effettuate con i fotometri solari.

Le prossime missioni satellitari di monitoraggio della terra si concentreranno sulle caratteristiche globali del clima e dei suoi costituenti. È essenziale che si possa disporre di dati affidabili di misurazioni al suolo per calibrare strumenti satellitari e convalidarne le misurazioni. Le scuole GLOBE hanno il potenziale per creare una rete globale di monitoraggio aerosol che è impossibile realizzare altrimenti. Su scala regionale, non vi è praticamente alcun controllo globale degli aerosol prodotti naturalmente dal vapore acqueo presente in natura, dagli incendi di foreste, da boschi e sterpaglie, polvere, pollini, gas emessi da piante e alberi, sale marino, ed eruzioni vulcaniche. Lo stesso vale per il monitoraggio di aerosol prodotti dalle emissioni di automobili, centrali a carbone, incendi intenzionali di foreste e pascoli, operazioni industriali e minerarie e dalla polvere di strade sterrate e campi agricoli. Anche in questo caso, le scuole GLOBE forniscono il potenziale per affrontare tali argomenti.

Ecco perché si è detto "Sì". Nella maggior parte dei casi, le misure di aerosol devono essere prese nello stesso luogo per molti mesi, e anche per anni, in modo da avere un interesse scientifico duraturo. A volte, sul lungo periodo, è difficile ricordarsi di effettuare le stesse misurazioni giorno dopo giorno. (Questo non è solo un problema per le misure di aerosol, naturalmente.) Nel caso degli aerosol, la persistenza è particolarmente importante a causa dei tempi lunghi necessari per osservare e analizzare i cambiamenti significativi in atmosfera.

Che dire delle misurazioni a terra per la validazione delle misurazioni effettuate dallo spazio? In questo caso, anche qualche accurata misurazione al suolo può essere preziosa. Tuttavia, è ancora importante fissare una raccolta dati la più lunga possibile. Ciò darà ai ricercatori la fiducia nel vostro lavoro e li aiuterà a stabilire una linea di riferimento ("baseline") di aerosol per il vostro sito di osservazione, rispetto alla quale valutare eventuali condizioni insolite, quando queste si verifichino.

Quindi, la conclusione è: se si seguono i protocolli e si forniscono misurazioni accurate (soprattutto durante l'estate), allora non c'è dubbio che gli scienziati daranno valore al vostro contributo, ora e in futuro.

Aerosol Protocollo – Osservando i dati

Sono ragionevoli i dati?

Forse il primo pensiero su come determinare se i dati siano ragionevoli potrebbe essere quello di considerare le tensioni misurate utilizzando il fotometro solare. Questo non è facile come potrebbe sembrare! Un fotometro solare converte la luce del sole in una tensione, questo è quello che si deve misurare e riferire a GLOBE. Il rapporto tra l'intensità della luce e la tensione prodotta è determinato dalla sensibilità dei rivelatori di un fotometro solare (diodo emettitore di luce verde o rossa) e dal guadagno fornito dall'amplificatore a batteria del fotometro solare.

Questo rapporto è diverso per ogni fotometro solare GLOBE, così ogni strumento ha le proprie costanti di taratura (uno per ciascuno dei due canali) che permettono il calcolo dello spessore ottico dell'aerosol dalle tensioni rilevate.

Il fotometro solare GLOBE produce una piccola tensione di uscita anche quando il sole non splende sul rivelatore. Questa "tensione al buio" dovrebbe essere piccola, ma quanto piccola? GLOBE esegue alcuni test di ricezione sia alla luce del sole, che al buio. Tuttavia, tensioni ragionevoli rientrano entro un ampio intervallo di valori. In alcuni casi, la tensione al buio di un fotometro solare può essere di pochi decimi di millivolt. Se è così, può visualizzare 0 quando si utilizzano 2 V (o 2000 mV) come campo di regolazione sul voltmetro digitale.

Quindi, non è facile prevedere quali possano essere tensioni "ragionevoli" per il fotometro solare. Tuttavia, dopo aver seguito il protocollo Aerosol un paio di volte, il buon senso suggerirà quali siano le tensioni al buio che lo strumento produce e quali tensioni ci si debba aspettare dalla luce solare in determinate condizioni di cielo. Si ricordi che, generalmente, tali intervalli saranno differenti per i canali verde e rosso a causa delle differenze nelle risposte del rivelatore e della elettronica dello strumento.

È molto più facile determinare se gli spessori ottici degli aerosol calcolati dalle misure a lunghezze d'onda verde e rossa siano ragionevoli. La Tabella AT-AE-2 fornisce alcuni valori medi per gli spessori ottici degli aerosol (AOT).

Table AT-AE-2

Sky condition	Green channel	Red channel
Extremely clear	0.03-0.05	0.02-0.03
Clear	0.05-0.10	0.03-0.07
Somewhat hazy	0.10-0.25	0.07-0.20
Hazy	0.25-0.5	0.02-0.40
Extremely hazy	>0.5	>0.4

Il rapporto tra questi valori numerici e la descrizione delle condizioni del cielo (richiesta come parte del report di dati) sono indicativi e possono variare a seconda delle condizioni locali. Si noti che i valori AOT nel rosso sono in genere inferiori ai valori AOT nel verde. Ciò è dovuto al fatto che la dispersione della luce verde di un tipico aerosol è più efficiente rispetto alla luce rossa. (Più grande è l'AOT, più luce viene dispersa lontano dal fascio diretto di luce che raggiunge il rivelatore il fotometro sole.) Se la AOT rosso è maggiore del verde, non è necessariamente sbagliato, ma è un evento insolito, sufficiente per far scattare un esame più approfondito delle condizioni in cui sono state effettuate le misure.

Che cosa cercano gli scienziati in questi dati?

Come osservato in precedenza, i valori di AOT verdi sono generalmente più elevati rispetto ai valori AOT rossi. Quando il GLOBE Science Team guarda i tuoi dati, controlla che il rapporto tra i due canali appaia ragionevole.

Il protocollo per gli aerosol prevede di segnalare almeno tre serie di misurazioni col fotometro solare prese nel giro di pochi minuti. Supponendo che si punti il fotometro solare attentamente e costantemente verso il sole, le differenze tra le tre tensioni di ciascun canale sono solo una misura delle variazioni nell'atmosfera al momento in cui si stanno prendendo le misure. Se le differenze sono grandi, può significare che le nubi stanno andando alla deriva, coprendo in questo modo il sole in modo non costante, mentre si stanno prendendo le misure.

Gli scienziati guardano con attenzione anche alla copertura nuvolosa e al tipo di rapporti trasmessi e metterà a confronto i valori di AOT calcolati dalle misure di tensione con

le segnalazioni concernenti il colore e la chiarezza del cielo. I cirri sono di particolare interesse, in quanto possono ridurre notevolmente la trasmissione della luce solare anche quando sono quasi invisibili.

L'AOT tende a variare stagionalmente. Giornate calde e umide in climi temperati ed equatoriali possono produrre smog fotochimico, in particolare nelle aree urbane. Di conseguenza, l'AOT tende ad essere maggiore in estate che in inverno. Questo ciclo stagionale può essere difficile da trovare nei dati GLOBE, dal momento che molte scuole GLOBE non comunicano i dati durante le vacanze estive. La Figura AT-AE-1 mostra alcuni dati di aerosol dalla East Lincoln High School di Denver, NC, USA. Gli studenti hanno fatto alcune misurazioni nella primavera del 2000 e un'altra classe ha riavviato un programma di misurazioni nell'autunno del 2000. Alcuni dei valori (in particolare i valori molto bassi) sembrano essere errati. Anche se questo sembra essere il caso in cui il caldo produce valori più elevati di AOT, la mancanza di misure estive significa che tale conclusione non può davvero essere supportata da questi dati limitati.

Da notare anche che in figura AT-AE-1 ci sono dei valori molto elevati di AOT registrati nel 1999. Ci sono diverse possibili spiegazioni per questi valori. Una possibilità è, naturalmente, che questi dati rappresentino condizioni reali di grande foschia. Un'altra possibilità è che gli studenti, inizialmente privi di familiarità con il fotometro solare, abbiano registrato tensioni troppo basse dovute alla luce solare (il che porta ad avere AOT troppo alti). Una terza possibilità è che ci fossero alcune nuvole tra l'osservatore e il sole. Gli stessi valori di AOT non ci aiutano a scegliere tra queste possibilità. Le informazioni addizionali di cui gli scienziati hanno bisogno per giudicare la qualità dei dati di AOT possono essere fornite solo avendo a disposizione tutte le misure e i relativi metadati.

Una delle opportunità più interessanti per gli studenti che lavorano con il protocollo Aerosols è offerta dalla possibilità di confrontare le loro misure con altre misure a terra e da satellite. Tali comparazioni possono servire sia come verifica delle misurazioni GLOBE, che delle prestazioni di altri fotometri solari. Una fonte di dati di aerosol è l'Aerosol Robotic Network (AERONET), gestito dal Goddard Space Flight Center della NASA. Questa rete di fotometri al suolo conta circa 100 fotometri solari in esercizio in varie località in tutto il mondo. I fotometri solari AERONET sono automatizzati e funzionano ad energia solare. Il loro vantaggio è che possono funzionare senza sorveglianza, anche in località remote, trasmettendo i risultati delle loro misurazioni pre-programmate a satelliti, che poi trasmettono dati ad una stazione di terra centrale per l'elaborazione. Lo svantaggio principale di questi dispositivi automatici è che

non c'è nessun osservatore umano che possa decidere se una misura del fotometro solare debba/possa essere fatta in un momento particolare. Per scremare le misure affette da contaminazione da nuvole vengono applicati degli algoritmi. Tuttavia, questi algoritmi non sono perfetti. Essi, per esempio, soffrono la stessa mancanza di capacità di distinguere cirri sottili che caratterizzano gli osservatori terrestri. Così, i confronti di misure automatiche e manuali fornisce un controllo affascinante e molto importante sulle prestazioni di entrambi i sistemi.

La Figura AT-AE-2 mostra un confronto tra i dati di un fotometro solare GLOBE con i dati di fotometri solari AERONET. (I dati Aeronet sono pubblicamente disponibili online.) AERONET effettua misurazioni ogni pochi minuti per tutto il giorno. I dati GLOBE a volte cadono vicino alla fascia più bassa dei valori AERONET nell'arco di una giornata. Un esame più dettagliato di questi dati con una scala temporale estesa (che esamini i singoli giorni) consentirà di chiarire il rapporto tra questi due gruppi di dati; questo costituirebbe un progetto eccellente per uno studente.

La Figura AT-AE-3 mostra il confronto tra i valori AOT derivati dal satellite MODIS e le misurazioni effettuate dagli studenti alla East Lincoln High School di Denver, North Carolina, USA. (I punti corrispondenti ai dati MODIS sono collegati con linee continue, ma questo è solo per rendere i dati più facili da esaminare, non c'è ragione di aspettarsi che i dati MODIS mancanti cadano proprio lungo le linee). Si noti che, di nuovo, i dati GLOBE tendono a raggrupparsi vicino ai valori inferiori di AOT MODIS.

Alcuni dei valori MODIS in Figura AT-AE-3 sembrano molto elevati. La Figura AT-AE-4 offre una certa idea

da cosa questo possa derivare. Queste misure della Drexel University comprendono la percentuale di copertura nuvolosa diurna. Chiaramente, alcuni dei valori molto elevati MODIS AOT sono associati a giorni nuvolosi. La Drexel University si trova in una zona urbana caratterizzata da una miscela di: acqua (due fiumi scorrono attraverso Philadelphia), sviluppo urbano residenziale e commerciale e spazi verdi (un grande parco). Questo tipo di superficie complessa è la più difficile da analizzare per gli algoritmi di riduzione dati e i risultati mostrati in Figura AT-AE-4 possono indicare problemi di discriminazione delle nuvole su superfici complesse. Qualunque sia la spiegazione, le Figure AT-AE-3 e AT-AE-4 mostrano chiaramente l'importanza del fatto di riportare i metadati, che definiscono le condizioni alle quali vengono prese le misure col fotometro solare.

Quando le misurazioni col fotometro solare sono prese con cura dagli studenti GLOBE, come mostrato dai dati nelle Figure AT-AE-2, AT-AE-3 e AT-AE-4, sono in grado di fornire informazioni preziose per gli scienziati che sono coinvolti nella comprensione della distribuzione globale degli aerosol. L'abilità degli osservatori umani per caratterizzare le circostanze e la qualità delle loro misurazioni fornisce una opportunità che gli strumenti incustoditi e quelli via satellite non potranno mai eguagliare.

A livello locale, lo spessore ottico di un aerosol può essere influenzato da qualità dell'aria, stagione, umidità relativa, eventi naturali ed eventi causati dall'uomo come i vulcani, gli incendi boschivi e la combustione della biomassa, l'attività agricola, la polvere portata dal vento e gli spruzzi del mare. Tutti questi collegamenti forniscono molte possibili fonti per progetti di ricerca degli studenti.

Figure AT-AE-1: Sun Photometer Data (minimum AOT from a set of three) from East Lincoln High School, Denver, NC

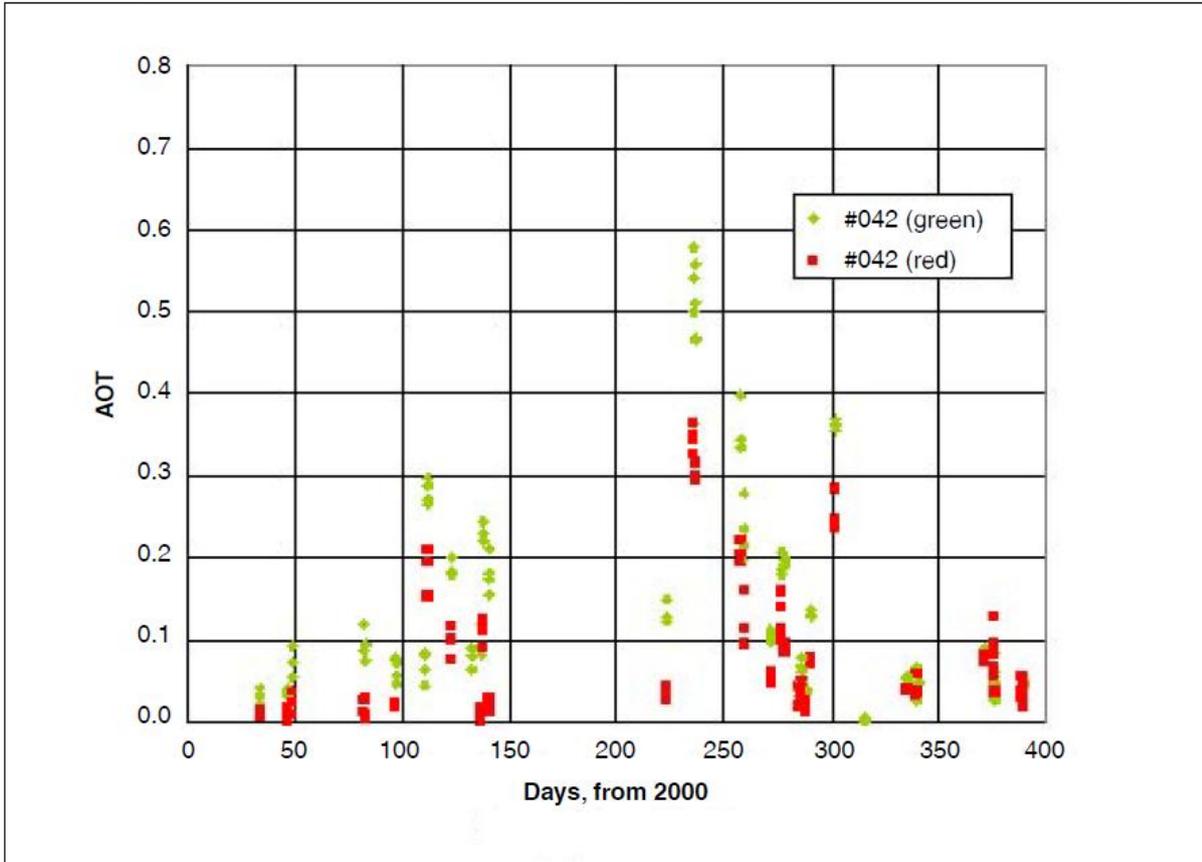


Figure AT-AE-2: Comparison of GLOBE Sun Photometer Measurements Made at Drexel University, Philadelphia, Pennsylvania, USA, with a Nearby AERONET Sun Photometer

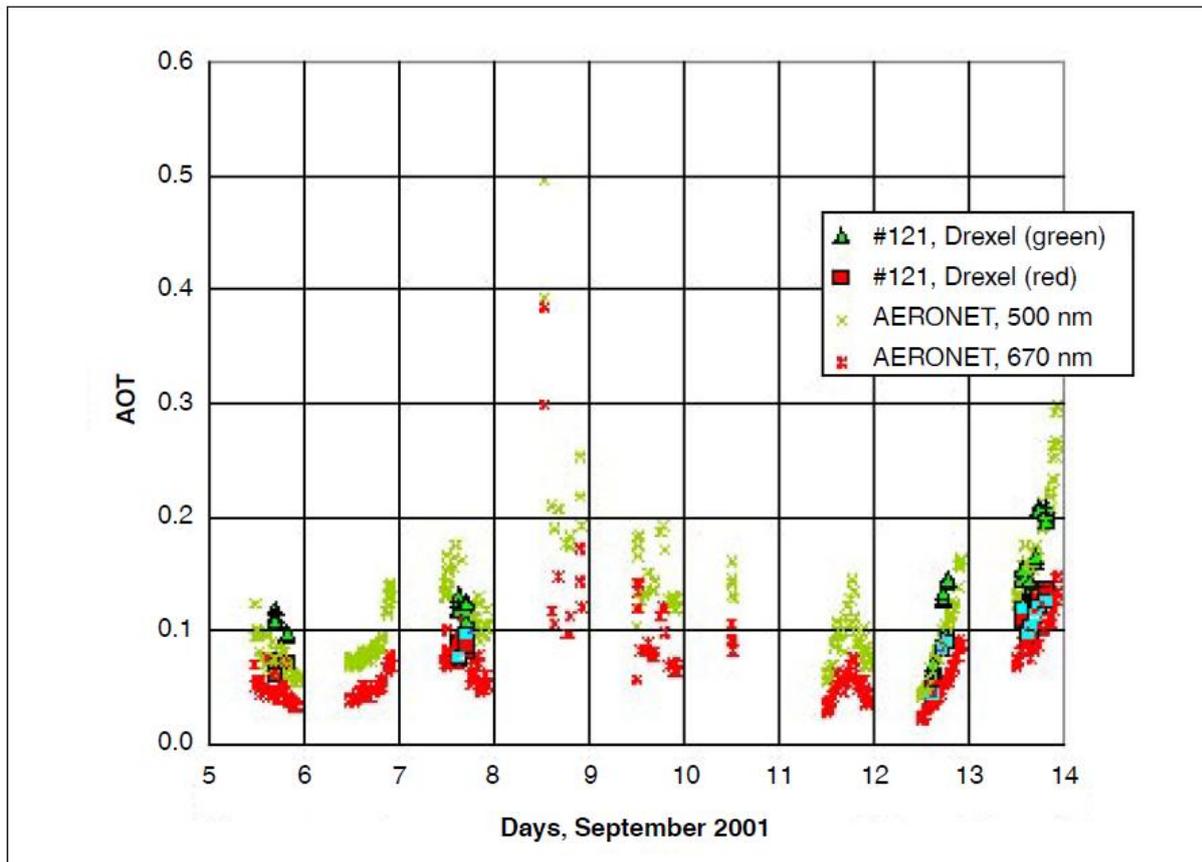


Figure AT-AE-3: Comparison of MODIS Data and GLOBE Sun Photometer Measurements Made at East Lincoln High School, Denver, NC, USA.

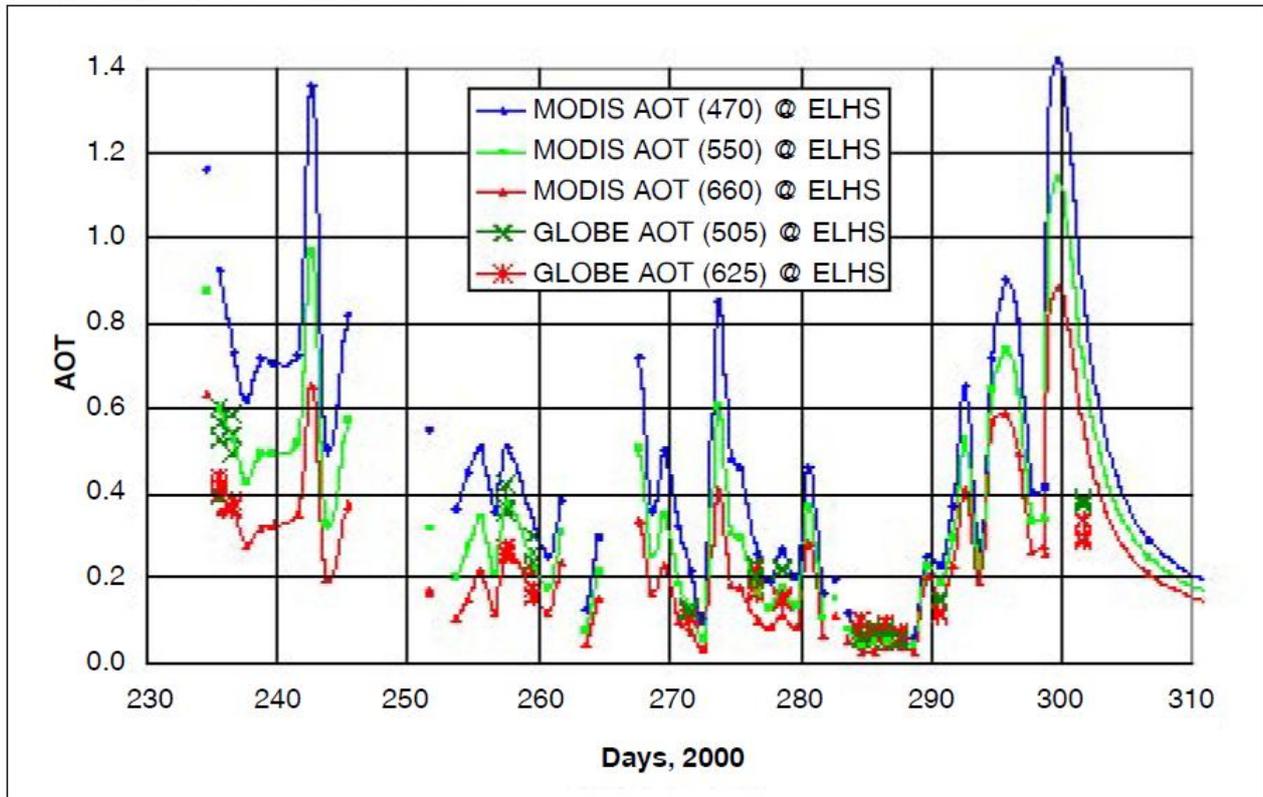
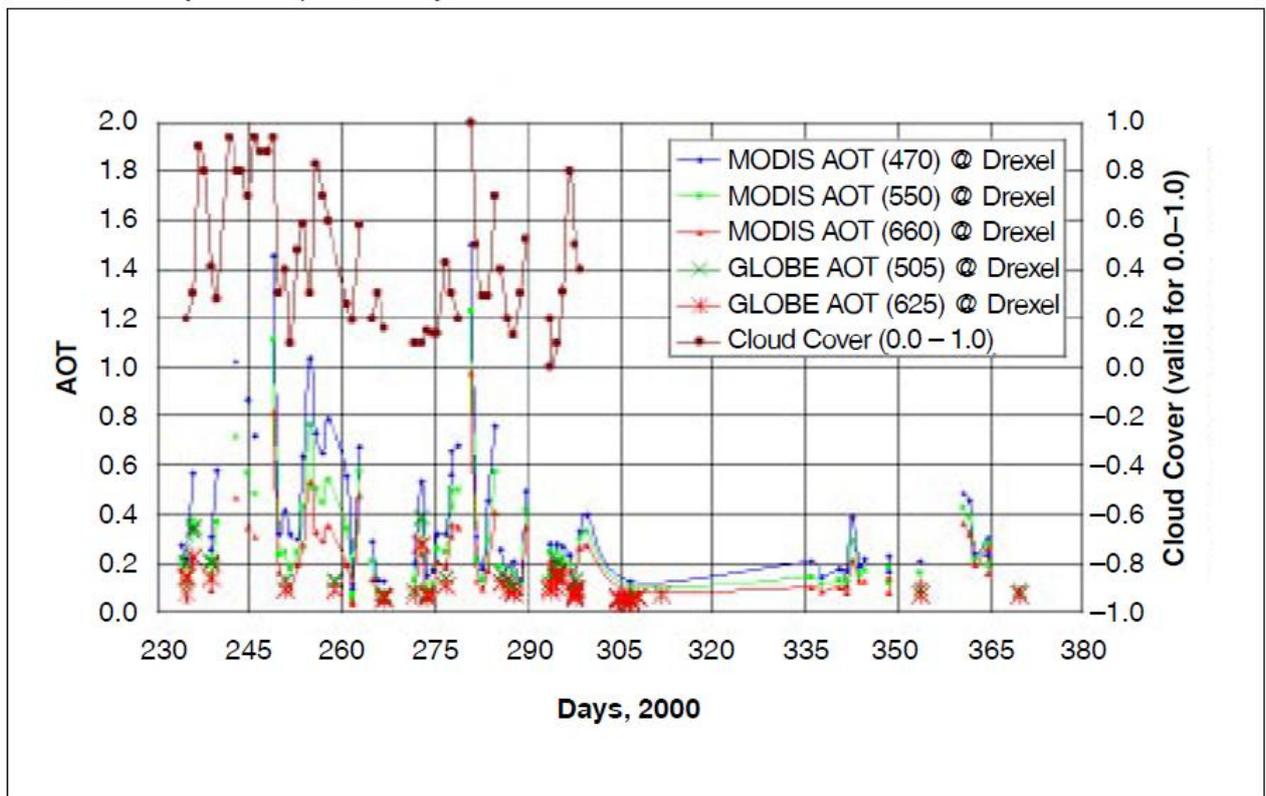


Figure AT-AE-4: Comparison of MODIS Data, GLOBE Sun Photometer Measurements, and Cloud Cover at Drexel University, Philadelphia, Pennsylvania, USA.



Calcolo dello Spessore Ottico di un Aerosol

(Solo per Studenti Avanzati)

Quando si riportano le misure di tensione dal fotometro solare per GLOBE, lo spessore ottico di aerosol (AOT) viene calcolato e segnalato. Questo calcolo è troppo complicato per la maggior parte studenti GLOBE perché lo possano fare per proprio conto. Tuttavia, se hanno familiarità con le equazioni logaritmiche ed esponenziali, gli studenti possono calcolare l'AOT, usando la seguente formula:

$$\text{AOT} = \frac{[\ln (V_0/R^2) - \ln (V - V_{\text{dark}}) - a_R (p / p_0) m]}{m}$$

Dove:

ln è il logaritmo naturale (in base e)

V_0 è la costante di taratura per il fotometro solare. Ogni canale (rosso e verde) ha la propria costante, che è possibile ottenere dal sito Web GLOBE.

R è la distanza Terra-Sole espressa in unità astronomiche (UA). La media distanza Terra-Sole è di 1 UA. Questo valore varia nel corso di un anno perché l'orbita della Terra intorno al Sole non è circolare. Una formula approssimativa per R è:

$$R = \frac{(1 - \epsilon^2)}{[1 + \epsilon \cos (360^\circ \cdot d/365)]}$$

Dove ϵ è l'eccentricità dell'orbita terrestre, pari a circa 0,0167, e d è il giorno dell'anno. (Eccentricità è una misura della quantità per la quale l'orbita terrestre differisce da un cerchio.) Si noti che questa equazione prevede che il valore minimo per R si verifichi all'inizio dell'esercizio. L'attuale minima distanza Terra-Sole si verifica, infatti, ai primi di gennaio, ma non il 1 ° gennaio.

V e V_{dark} sono la luce del sole e la tensione al buio fornite dal fotometro solare

A_R è il contributo di spessore ottico di molecolare (Rayleigh) scattering della luce nell'atmosfera. Per il canale rosso a_R è di circa 0,05793 e per il canale verde è circa 0,13813.

p è la pressione stazione (la pressione barometrica) al momento della misurazione.

p_0 è di serie la pressione atmosferica a livello del mare (1013.25 millibar).

m è la massa relativa dell'aria. Il suo valore è di circa:

$$m = 1/\sin (\text{angolo di elevazione solare})$$

dove angolo di elevazione solare può essere ottenuta mediante l'attività di apprendimento *Making a Sundial Learning Activity*.

Quando GLOBE calcola l'AOT, utilizza una serie di equazioni per calcolare con maggiore precisione la distanza Terra-Sole. Per la massa d'aria relativa, utilizza le stesse equazioni astronomiche per calcolare la posizione del sole dalla longitudine e latitudine e l'ora in cui avete preso la vostra misura. Poi utilizza l'angolo di elevazione solare calcolato per calcolare massa relativa di aria, utilizzando un'equazione che tiene conto della curvatura terrestre e della rifrazione (curvatura) dei raggi di luce che passano attraverso l'atmosfera.

La conseguenza dell'utilizzazione di queste equazioni più complicate è che i valori GLOBE di AOT non si accordano esattamente al calcolo descritto in precedenza. Più piccolo è l'AOT, maggiore sarà probabilmente la differenza. Si consideri questo esempio:

Data: 7 luglio 1999
 Costante di calibrazione del fotometro solare (V_0): 2.073 V
 Angolo di elevazione solare: 41°
 Pressione della stazione: 1016.0 millibar
 Voltaggio al "buio": 0.003 V
 Voltaggio alla luce del sole: 1.389 V
 Canale fotometrico solare: green
 7 luglio 2001, è il 188° giorno dell'anno, così:
 $R = (1 - 0.01672)/[1 + 0.0167 \cdot \cos(360 \cdot 188/365)] = 1.0166$
 La massa d'aria relative é:
 $m = 1/\sin(41^\circ) = 1.5243$
 Perciò, lo spessore ottico dell'aerosol è:
 $AOT = [\ln(V_0/R^2) - \ln(V - V_{dark}) - a_R(p/p_0) m] / m$
 $\ln(V_0) = \ln(2.073/1.0166^2) = \ln(2.00585) = 0.6960$
 $\ln(1.389 - 0.003) = \ln(1.386) = 0.3264$
 $a_R(p/p_0) m = (0.1381)(1016/1013.25)(1.5243) = 0.2111$
 $AOT = (0.6960 - 0.3264 - 0.2111)/1.5243 = 0.1040$

Il Valore di AOT calcolato da GLOBE per questi dati è 0,1039, con una differenza abbastanza piccola, tale da poter essere ignorata per queste misurazioni.

In alcune situazioni, il valore AOT non si accorda bene col valore GLOBE. Ad esempio, se l'angolo di elevazione solare osservato con lo gnomone solare è diverso dal valore calcolato GLOBE - allora la massa d'aria relativa calcolata col proprio angolo di elevazione solare non sarà accurata. Questo farà sì che il valore di AOT sia erroneo.

L'AOT può essere espresso come la percentuale di luce ad una particolare lunghezza d'onda che raggiunge la superficie terrestre dopo il passaggio attraverso una massa d'aria relativa di 1. Per questo esempio con il canale verde,

$$\% \text{ di trasmissione} = 100 \cdot e^{-AOT} = 100 \cdot e^{-0,1040} = 90,1\%$$